

ESTIMASI RUGI RUGI ENERGI PADA SISTEM DISTRIBUSI RADIAL 20 KV DENGAN METODE *LOSS FACTOR* DI PENYULANG LIPAT KAIN GI.GARUDA SAKTI.

Dedek S Lumban Gaol, Firdaus

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: dedek.ks@unri.ac.id

ABSTRACT

In this final project proposes the power loss estimation on 20 kV radial distribution feeders. Base on previous empirical approaches have been found by M.W. Gustafson by changing the coefficients and constants in a formula providing loss factor. In this research ,the calculation of power loss estimation is compared with power loss measurement. Power loss calculation uses ETAP software v.12.6.0 and loss factor method is applied as estimation method. Measurement result shows 2.969.834 kWh on 7,53% power loss in Lipat Kain feeder , Garuda Sakti substation , whereas the value obtained using the estimation method loss shows 2.919.236,491 kWh on 7,04 % . There is 50.597 kWh or 1,71 % different in power loss between measurement result and estimation.

Key words: loss factor, daily load curve, , ETAP.

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik adalah sistem yang terdiri dari pembangkitan (pembangkit), saluran transmisi, saluran distribusi dan pelanggan. Pada umumnya pusat pembangkit tenaga listrik jauh dari pusat beban, hal ini mengakibatkan kerugian yang cukup besar dalam penyaluran daya listrik. Kerugian tersebut disebabkan oleh saluran yang cukup panjang, sehingga dalam penyaluran daya listrik melalui transmisi maupun distribusi akan mengalami jatuh tegangan dan rugi-rugi sepanjang saluran.

Pada umumnya rugi-rugi teknis pada tingkat pembangkit dan saluran transmisi pemantauannya tidak menjadi masalah karena adanya fasilitas pengukuran yang dapat dipantau dengan baik. Hal yang sama juga terdapat pada gardu induk (GI), sehingga rugi-

rugi teknis dari GI tidak menjadi masalah besar karena disinipun pengukuran dan pemantauan berjalan baik

Lain halnya pada sisi distribusi, rugi-rugi teknis lebih kompleks dan sulit diketahui besarnya. Pada GI, setiap penyulang yang keluar dari GI dilengkapi dengan alat pengukuran, begitu pula pada sisi primer trafo tenaganya. Selepas ini tidak terdapat lagi alat pengukuran kecuali pada meteran pelanggan. Oleh karena itu, sangat sulit menentukan rugi-rugi energi secara tepat pada sistem distribusi.

Ada dua sumber kesalahan pokok dalam perhitungan rugi-rugi energi :

1. Selisih kWh (energi) yang disalurkan GI dan kWh yang terjual atau energi yang terpakai oleh pelanggan tidak menggambarkan keadaan sebenarnya. Karena ada energi yang

tidak terukur seperti meteran rusak, kesalahan pembacaan meter dan sebagainya. Dari sini jelaslah selisih energi yang sebenarnya tidak dapat diukur secara pasti.

2. Pembacaan meteran pada GI mungkin dapat dilakukan pada hari, jam, dan menit yang sama (*real time*), dengan demikian kWh (energi) yang diukur benar-benar merupakan kWh yang disalurkan, sedangkan pembacaan meteran pelanggan tidak bersamaan waktunya sehingga hal ini akan merupakan kesalahan dalam analisis selanjutnya.

Metode estimasi rugi-rugi energi yang ada saat ini banyak menggunakan asumsi-asumsi akibat keterbatasan sumber daya yang tersedia. Tugas akhir ini menerapkan metode *loss factor* yang dikembangkan oleh M.W. Gustafson untuk memperkirakan rugi-rugi energi pada penyulang distribusi. Hasil estimasi digunakan sebagai perbandingan terhadap hasil pengukuran aktual yang dilakukan oleh PLN.

II. DASAR TEORI

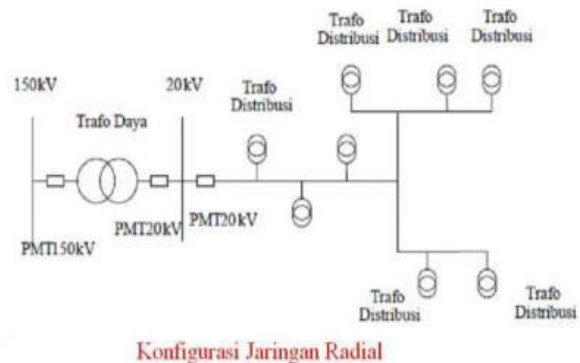
2.1. Pandangan Umum Sistem Tenaga Listrik

Pada umumnya sistem tenaga listrik terdiri atas kumpulan komponen peralatan listrik atau mesin listrik, seperti generator, transformator, beban, dan berikut alat-alat pengaman dan pengaturan yang saling dihubungkan dan membentuk suatu sistem yang digunakan untuk membangkitkan, menyalurkan, dan menggunakan energi. Secara umum sistem kelistrikan dapat dibagi menjadi 3 (tiga) bagian utama, yaitu : Pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi, dan yang terakhir adalah sistem distribusi.

2.2. Sistem Distribusi Radial

Bentuk jaringan system distribusi radial merupakan bentuk jaringan distribusi yang paling sederhana, terutama ditinjau dari segi pemeliharaannya. Pada saluran *radial* mempunyai satu jalan aliran daya ke beban. Sistem ini biasa dipakai untuk melayani daerah beban dengan kerapatan beban rendah dan sedang. Pada sistem saluran *radial* sebuah *feeder* menyalurkan tenaga listrik yang

terpisah antara *feeder* satu dengan *feeder* yang lainnya.



Gambar 2.1 konfigurasi jaringan radial

2.3. Karakteristik Beban

Beban energi listrik yang ada bisa diklasifikasikan berdasarkan karakter umum pelanggan dari beban tersebut, yaitu : beban rumah tangga, beban industri, beban komersial, dan fasilitas umum. Karakteristik perubahan besarnya daya yang diterima oleh beban sistem tenaga listrik dalam suatu satuan interval tertentu dikenal sebagai kurva beban. Penggambaran kurva ini dilakukan dengan mencatat besar beban tiap jam. Sumbu vertikal menyatakan skala beban, sedangkan sumbu horizontal menyatakan skala waktu.

1. Faktor beban (*load factor*) adalah rasio perbandingan antara beban rata-rata selama suatu periode tertentu (P_{avg}) terhadap permintaan maksimum atau beban puncak selama jangka waktu periode tertentu (P_{max}) yang disederhanakan melalui persamaan berikut:

$$F_{Ld} = \frac{P_{avg}}{P_{max}} \quad (1)$$

2.4. Rugi-rugi Energi

2.4.1. Pengukuran Rugi- rugi Energi

Rugi-rugi energi pada penyulang jaringan distribusi dapat ditentukan berdasarkan pengukuran energi dengan persamaan :

$$\Delta T_E = \sum kWh_p - \sum kWh_{pelanggan} \quad (2)$$

$$\%T_E = \frac{\Delta T_E}{\sum kWh_p} \times 100\% \quad (3)$$

ΔT_E : Rugi-rugi energi JTM
 $\sum kWh_p$: Energi yang dikirimkan penyulang
 $\sum kWh_{gi}$: Total energi pada gardu distribusi
 $\% T_E$: persentase rugi-rugi energi

2.4.2. Estimasi Rugi-rugi Energi

Dalam mengestimasi besarnya rugi-rugi energi yang terjadi, terlebih dahulu perlu dihitung LDf dan Eqf.

$$LD_F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i \quad (4)$$

Dimana:

L_i : Perbandingan antara beban yang terukur terhadap beban puncak dalam satu periode waktu tertentu
 N : Banyaknya beban yang terukur
 LDf : *Load Factor* (Faktor beban)

$$EQ_F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i^2 \quad (5)$$

Dimana:

EQf : *Loss factor* (Faktor rugi-rugi)

Setelah diperoleh nilai EQf maka rugi-rugi energi dapat diestimasi dengan menggunakan rumus :

$$T_E = EQ_F \times L_{line} \times t \quad (6)$$

di mana,

T_E : Rugi-rugi energi total estimasi (kWh)

L_{line} : Rugi-rugi daya pada saluran (kW)

T : Periode waktu estimasi (jam).

Untuk menghitung rugi-rugi daya pada saluran L line dapat disimulasikan menggunakan software ETAP.

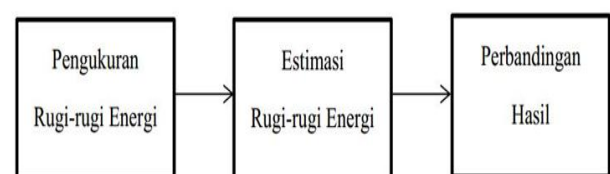
Program ETAP *PowerStation* adalah *software* untuk *power sistem* yang bekerja berdasarkan perencanaan (*plant/project*). Dalam *PowerStation*, setiap perencanaan harus menyediakan data *base* untuk keperluan itu. ETAP *PowerStation* dapat melakukan penggambaran *single line diagram* secara grafis dan mengadakan beberapa analisis/studi yakni dengan *Load Flow* (aliran daya),

3. METODE PENELITIAN

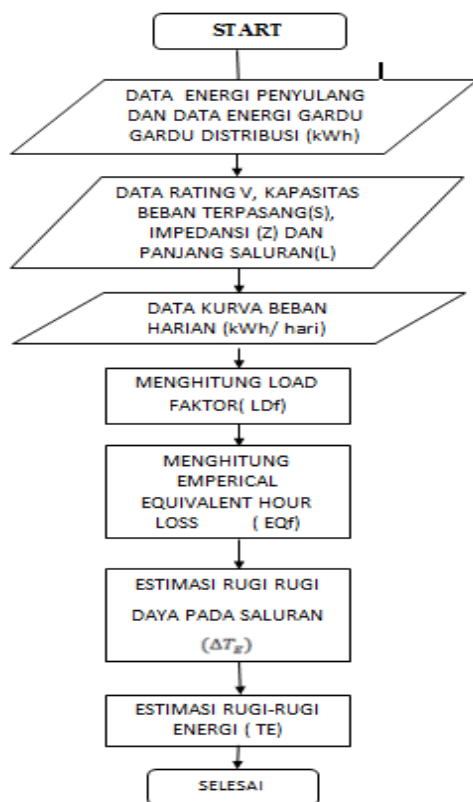
Secara garis besar yang akan dilakukan selama penelitian ini adalah:

1. Perhitungan rugi – rugi dari Pihak PLN
2. Estimasi rugi – rugi energi energi (T_E)
Untuk mendapatkan hasil estimasi ini diperlukan beberapa proses yakni:
 - a. Perhitungan LD_F
Dari kurva beban harian, akan dihitung faktor beban
 - b. Perhitungan EQ_F
Dari faktor beban, akan dihitung faktor rugi-rugi
 - c. Estimasi rugi-rugi pada saluran
Dari data *single line diagram*, kapasitas beban terpasang, impedansi saluran, dan panjang saluran akan diestimasi rugi-rugi daya pada saluran dengan melakukan simulasi pada *software* ETAP.

3. Perbandingan hasil



Gambar 3.1 Diagram Blok Proses Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Rugi- rugi Energi

Pada penelitian ini studi rugi-rugi energi pada jaringan distribusi penyulang yang dipilih yaitu penyulang Lipat Kain GI. Garuda Sakti dari tanggal 01 Desember 2015 – 30 November 2016

Tabel 4.1 Data energi penyulang Lipat Kain

Penyulan g Lipat Kain	Stand kWh Akhir	Stand kWh Awal	Faktor kali	Energi kWh
Des 15	5.577,51	9.013,46	1.000	3.435.947
Jan16	5.948,98	9.076,52	1.000	3.127.542
Feb16	5.968,42	9.321,37	1.000	3.352.947
Mar16	6.184,50	9.317,80	1.000	3.133.300
Apr16	6.814,42	9.909,37	1.000	3.094.947
Mei 16	5.867,51	9.015,46	1.000,	3.147.947
Jun16	6.603,42	10.054,02	1.000	3.450.600

Jul16	5.878,50	9.174,84	1.000	3.296.339
Agu 16	5.478,50	9.070,84	1.000	3.592.339
Sept 16	6.795,25	10.174,88	1.000	3.379.635
Okt16	5.848,50	8.717,80	1.000	2.869.300
No16	5.532,98	9.077,51	1.000	3.544.530
Total				39.425.373

Sumber: PLN 2016

Maka, besarnya rugi-rugi energi pada distribusi untuk penyulang Lipat Kain GI. Garuda Sakti diperlihatkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Rugi- rugi Energi pada Penyulang Lipat Kain

Energi Penyulang kWh	Energi Pelanggan kWh	Rugi- rugi Energi kWh	% Rugi- rugi Energi
39.425.373	36.455.539	2.969.834	7,53

4.2. Estimasi Rugi-rugi Energi

Dari kurva beban harian kita dapat melihat perubahan beban dalam waktu 24 jam dalam 1 hari. Data kurva beban harian digunakan untuk menghitung nilai LD_F dan EQ_F .

Nilai LD_F dan EQ_F selama bulan Desember ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Nilai LDF dan EQF pada bulan Desember

Tanggal	LD_F	EQ_F
1	0,728085	0,541163
2	0,703060	0,523447
3	0,660184	0,466481
4	0,706651	0,513651
5	0,595176	0,409693
6	0,707625	0,514869
7	0,694486	0,494736
8	0,677577	0,477173
9	0,554931	0,354801

10	0,721457	0,553501
11	0,725009	0,544964
12	0,764513	0,594376
13	0,689322	0,489666
14	0,649512	0,442605
15	0,799793	0,673432
16	0,745522	0,566504
17	0,563481	0,355526
18	0,663312	0,475733
19	0,681713	0,489820
20	0,789348	0,632581
21	0,699808	0,506097
22	0,560050	0,364630
23	0,657202	0,468260
24	0,678069	0,474938
25	0,617530	0,403219
26	0,546921	0,346230
27	0,606624	0,419758
28	0,670795	0,470285
29	0,691229	0,497235
30	0,552707	0,344023
31	0,706651	0,513651

Dengan cara yang sama dapat kita peroleh nilai rata- rata LDF dan EQF dalam satu tahun

Tabel 4.4 Nilai LDF dan EQF dalam satu tahun

BULAN	LD_F	EQ_F
Des-15	0,6712368780	0,481388650
Jan-16	0,6700564070	0,480313237
Feb-16	0,6687945200	0,479163366
Mar-16	0,6712368780	0,481388650
Apr-16	0,5914740000	0,480331300
Mei-16	0,6712368780	0,481388650
Jun-16	0,6956300000	0,478985000
Jul-16	0,6663430000	0,472428000
Agu-16	0,6700564070	0,480313237
Sep-16	0,6708880000	0,481108000
Okt-16	0,6700564070	0,480313237
Nov-16	0,6752520000	0,486030000

4.2.1. Estimasi rugi-rugi saluran (L_{line})

Untuk menentukan besaran nilai estimasi rugi-rugi saluran (L_{line}) dilakukan dengan bantuan software analisis sistem tenaga listrik yaitu ETAP. Hasil dari simulasi pada penyulang Lipat Kain GI.Garuda Sakti diperoleh rugi-rugi saluran sebesar 692.0 kW

4.2.2. Perhitungan rugi-rugi energi (T_E)

Dengan menggunakan persamaan (6), Maka diperoleh nilai rugi-rugi energi (T_E) dalam periode satu tahun.

Tabel 4.5 Hasil estimasi rugi- rugi energi

Bulan	EQ_F	L_{line}	t (jam)	T_E (kWh)
Des-15	0,481388650	692,00	744	247841,9837
Jan-16	0,480313237	692,00	744	247288,3094
Feb-16	0,479163366	692,00	696	230780,4103
Mar-16	0,481388650	692,00	744	247841,9837
Apr-16	0,480331300	692,00	720	239320,2669
Mei-16	0,481388650	692,00	744	247841,9837
Jun-16	0,478985000	692,00	720	238649,4864
Jul-16	0,472428000	692,00	744	243228,6109
Agu-16	0,480313237	692,00	744	247288,3094
Sep-16	0,481108000	692,00	720	239707,2499
Okt-16	0,480313237	692,00	744	247288,3094
Nov-16	0,486030000	692,00	720	242159,5872
TOTAL				2919236,491

Maka, besarnya rugi-rugi energi pada distribusi untuk penyulang Lipat Kain GI.Garuda Sakti diperlihatkan pada Tabel 4.6

Energi Penyulang (kWh)	Rugi Energi Estimasi(kWh)	Rugi dengan % Rugi-rugi Energi	Estimasi Energi
39.425.373	2.919.236,491	7,404	

4.3 Perbandingan Hasil

Perbandingan	Rugi-rugi Energi kWh	%Rugi-rugi Energi	% Selisih
Pengukuran (Data dari PLN)	2.969.834	7,53	-
Estimasi	2.919.236,491	7,404	1,71

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dengan perhitungan dan ETAP dari data yang didapat dari PLN diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- A. Rugi-rugi energi penyulang Lipat Kain. GI.Garuda Sakti pada rentang satu tahun (Desember 2015- November 2016) berdasarkan hasil pengukuran diperoleh sebesar 2.969.834 kWh atau 7,53 %.
- B. Rugi-rugi energi penyulang Lipat Kain. GI.Garuda Sakti pada rentang satu tahun (Desember 2015- November 2016) berdasarkan hasil estimasi diperoleh sebesar 2.919.236,491 kWh atau 7,404 %.
- C. Perbandingan antara rugi-rugi hasil pengukuran dan estimasi menunjukan selisih yang tidak terlalu jauh, yaitu dengan tingkat kesalahan sebesar 1,71 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bunluesak, K.; Horkiarti, J.; Kaewtrakulpong, P., "Power Loss Estimation in Distribution System. A Case Study of PEA Central Area I," King Mongkut's University of Technology Thonburi & Kasetsart University.
2. Dickert, J.;Hable, M.; Schegner, "Energy Loss Estimation in Distribution Networks for Planning Purposes," IEEE Bucharest Power Tech Conference, 28 June – 2 July 2009.
3. Gustafson, M.W.; Baylor, J.S., "Approximating the system losses equation," IEEE Trans. on Power Systems, Stone and Webster management Consultants,Inc.

4. Kadir, Abdul, "Distribusi dan utilisasi Tenaga Listrik," 2000. Universitas Indonesia Press : Jakarta.
5. Suswanto, Daman, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk Mahasiswa Teknik Elektro," Edisi Pertama. 2009. Universitas Negeri Padang Press: Padang.
6. Rohi, D ; Sonixtus ,A.R : Penangsang ,O, " Aplikasi Pendekatan Aliran Daya Untuk Estimasi Rugi- rugi Energi Sistem Distribusi Radial 20 Kv" 2008. Universitas Kristen Petra: Surabaya.
7. Ramadhianto, Danang, "Studi Susut Energi Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik Melalui Analisis Pengukuran dan Perhitungan," 2008. Universitas Indonesia : Jakarta.
8. Palmer, jhon sitorus, "Estimasi Rugi Rugi Energi Pada Sistem Distribusi Radial 20 kV," 2014. Universitas Sumatera Utara : Medan.